

学校编码: 10384
学号: 31520131153289

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于级联卷积神经网络和多线索融合的行人
检测研究

Research of Pedestrian Detection Based on Cascade
Convolutional Neural Networks and Multiple-Cue Fusion

冯麒峻

指导教师姓名: 王菡子 教授

专 业 名 称: 计算机技术

论文提交日期: 2016 年 月

论文答辩时间: 2016 年 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2016 年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为“福建省智慧城市感知与计算重点实验室”空间感知与技术 课题(组)的研究成果,获得“福建省智慧城市感知与计算重点实验室”的资助,在 福建省智慧城市感知与计算重点实验室和厦门大学模式分析与机器智能研究中心 实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

作为计算机视觉的一个重要研究方向，行人检测具有很高的研究意义和应用价值。其可为目标跟踪、人体行为理解等研究领域以及智能驾驶系统、安全监控系统、高级人机交互系统等应用系统的设计提供基础性技术支持。然而，由于人体外形多变，这使得行人检测易受人体动作、背景、遮挡和光照等因素的影响。如何克服这些因素所带来的影响是当前计算机视觉研究的热点和难点。

本文首先介绍行人检测系统的基本概念和经典技术，总结近二十年来该领域的发展情况，并对深度学习技术在计算机视觉领域的应用予以分析和整理，然后使用卷积神经网络进行行人检测的研究。主要包含以下几项工作：

(1) 将行人检测问题转化为图像分类问题。利用深度学习强大的特征模式自动学习能力，提出级联卷积神经网络检测框架。该框架使用两个卷积神经网络对候选图像局部区域进行两次高精度的分类检测，并使用批量随机梯度下降算法进行网络的高效训练。该框架网络结构简单、模型很小、处理速度较快。与选择性搜索算法结合组成检测系统，在 INRIA 数据集上的平均漏检率为 48%，与基于 HOG 特征的经典检测算法相当。当误检率为 10^{-1} 至 10^0 时，该算法性能明显优于基于 HOG 特征的算法。

(2) 候选窗口的质量直接关系行人检测的结果。本文对 Edge Boxes 和 BING 两种算法进行改进并提出多线索融合的候选窗口提取算法。该算法实现高召回率及高定位精度的快速图像局部区域提取过程，解决了选择性搜索算法速度慢的弊端。该算法处理一张图像仅需 0.223 秒，生成的初始候选窗口集合召回率高达 99.3%，而第一个 CNN 分类后获得的候选窗口的召回率为 95.0%。将多线索融合策略和级联 CNN 检测框架结合组成检测系统，在 INRIA 数据集上的平均漏检率为 40%。它比基于选择性搜索策略的检测算法 48% 的平均漏检率降低 8%，同时也优于 HOG 等其他 7 种行人检测算法。尤其对于小尺度的行人检测问题，基于多线索融合的级联 CNN 检测算法性能更加优秀。

关键字：行人检测，级联卷积神经网络，图像局部区域提取

厦门大学博硕士论文摘要库

ABSTRACT

As a key research direction in computer vision, the pedestrian detection technology provides a fundamental support for applications such as object tracking, behavior understanding, intelligent driving system and advanced human-computer interaction system. Due to the non-rigid property of human body, pedestrian detection is vulnerable to complicated background, occlusion, deformation of the body and changes of light conditions, which make it become a difficult research task.

In this paper, the basic structure of object detection systems and some classic technologies are introduced. And the development of pedestrian detection in the past twenty years and deep learning technologies are discussed. Then the convolutional neural networks are used for detection. The main contributions are as follows:

(1) A Cascade-CNN detection framework is proposed, in which the first CNN classifies candidate windows roughly and the second one removes false positives elaborately. The mini-batches Stochastic Gradient Descent algorithm is used to train the networks in this framework. Experiment shows that the average miss rate obtained by the proposed Cascade-CNN based on Selective Search algorithm is 48%, which is approximately equal to that obtained by the method based on HOG. When the false positive rate is between 0.1 and 1, our framework outperforms the method based on HOG obviously. In addition, the Cascade-CNN has a simple structure and it runs fast.

(2) A multi-cue object proposals extraction algorithm based on the Edge Boxes and BING algorithms is proposed. The proposed algorithm can find almost 99.3% objects in original images and 95.0% objects after the first CNN in 0.223 seconds, which is about a hundred times faster than the same operation using the Selective Search algorithm. The average miss rate obtained by the Cascade-CNN method based on multi-cue fusion is 40%, which is 8% less than that obtained by the Cascade-CNN method based on the Selective Search algorithm. Moreover, the proposed pedestrian method outperforms several other methods such as HOG and FtrMine.

Keywords: pedestrian detection, cascade convolutional neural networks, proposals

厦门大学博硕士论文摘要库

目录

摘要.....	I
ABSTRACT.....	III
目录.....	V
Table of Contents.....	IX
第一章 绪论.....	1
1.1 行人检测研究背景与意义.....	1
1.2 行人检测研究难点与发展现状.....	2
1.2.1 行人检测研究难点.....	2
1.2.2 国内外研究现状.....	5
1.3 行人检测常用数据集及性能评判标准.....	8
1.3.1 常用数据集.....	8
1.3.2 行人检测常用性能评测标准.....	9
1.4 论文主要工作.....	12
1.5 本文组织结构.....	12
第二章 行人检测与深度学习研究综述.....	13
2.1 行人检测基本技术.....	13
2.1.1 行人检测系统基本原理.....	13
2.1.2 滑动窗口策略.....	14
2.1.3 图像局部区域策略.....	15
2.1.4 方向梯度直方图（HOG）特征.....	16
2.1.5 支持向量机.....	19
2.2 行人检测经典框架.....	22
2.2.1 HOG+SVM 检测框架.....	22
2.2.2 可变形部件模型检测框架.....	22
2.2.3 R-CNN 目标检测框架.....	23

2.3 人工神经网络.....	24
2.3.1 神经元基本结构.....	24
2.3.2 简单神经网络.....	25
2.3.3 梯度下降原理与反向传播算法.....	26
2.3.4 过拟合现象与 Dropout 技术.....	29
2.4 深度学习概述.....	31
2.4.1 从浅层学习到深度学习.....	31
2.4.2 深层神经网络.....	33
2.4.3 卷积神经网络.....	38
2.5 本章小结.....	42
第三章 基于级联卷积神经网络的行人检测方法.....	43
3.1 基于级联卷积神经网络的检测框架.....	43
3.1.1 Cascade-CNN 检测框架.....	43
3.1.2 框架模块分析.....	44
3.2 级联 CNN 的网络结构.....	44
3.2.1 Cascade-CNN 的网络结构图.....	44
3.2.2 Cascade-CNN 的结构细节.....	45
3.3 实验与结果分析.....	47
3.3.1 INRIA Person 数据集.....	47
3.3.2 级联 CNN 网络的训练方法.....	48
3.3.3 CNN 性能分析.....	52
3.3.4 Cascade-CNN 检测性能分析.....	56
3.4 本章小结.....	59
第四章 多线索融合的图像局部区域提取算法.....	61
4.1 图像局部区域提取算法.....	61
4.1.1 基于边缘信息的图像局部区域提取算法—Edge Boxes.....	61
4.1.2 基于梯度信息的图像局部区域提取算法—BING.....	64
4.2 图像局部区域提取算法的性能指标.....	68
4.3 多线索融合图像局部区域提取算法.....	69

4.4 实验与结果分析.....	72
4.5 本章小结.....	76
第五章 总结与未来工作.....	79
5.1 论文总结.....	79
5.2 未来工作.....	79
参考文献.....	81
致谢.....	87

厦门大学博硕士论文摘要库

Table of Contents

Abstract (Chinese)	I
Abatract (English)	III
Table of Contents (Chinese)	V
Table of Contents (English)	IX
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and significance of pedestrian detection research	1
1.2 Challenges and development	2
1.2.1 Challenges of pedestrian detection research.....	2
1.2.2 Review of current research.....	5
1.3 Popular datasets and evaluation criteria	8
1.3.1 Commonly used datasets.....	8
1.3.2 Commonly used evaluation criteria.....	9
1.4 Main work	12
1.5 Organization	12
Chapter 2 Reviews of Pedestrian detection and deep learning	13
2.1 Basic technology for pedestrian detection	13
2.1.1 The basic principle of pedestrian detection system.....	13
2.1.2 The sliding window strategy.....	14
2.1.3 The detection proposals strategy.....	15
2.1.4 Histogram of oriented gradients.....	16
2.1.5 Support vector machine.....	19
2.2 Classical frameworks for pedestrian detection	22
2.2.1 HOG+SVM.....	22
2.2.2 Deformable part model.....	22
2.2.3 R-CNN.....	23

2.3 Artificial neural network.....	24
2.3.1 Basic structure of neurons.....	24
2.3.2 Simple neural network.....	25
2.3.3 The principle of gradient descent and back propagation algorithm....	26
2.3.4 An over-fitting problem and the dropout technology.....	29
2.4 Summary of deep learning.....	31
2.4.1 From shallow learning to deep learning.....	31
2.4.2 Deep neural network.....	33
2.4.3 Convolution neural network.....	38
2.5 Summary.....	42
Chapter 3 Pedestrian detection based on Cascade-CNN.....	43
3.1 Detection framework based on Cascade-CNN.....	43
3.1.1 Cascade-CNN.....	43
3.1.2 Analysis of Cascade-CNN's modules.....	44
3.2 The structure of Cascade-CNN.....	44
3.2.1 Structure diagrams of Cascade-CNN.....	44
3.2.2 Details of Cascade-CNN.....	45
3.3 Experiments and analysis.....	47
3.3.1 The INRIA Person dataset.....	47
3.3.2 The training method for Cascade-CNN.....	48
3.3.3 Performance analysis of CNN.....	52
3.3.4 Detection performance analysis of Cascade-CNN.....	56
3.4 Summary.....	59
Chapter 4 Proposals extraction based on multi-cue fusion.....	61
4.1 Classical detection proposals extraction algorithms.....	61
4.1.1 Edge Boxes.....	61
4.1.2 BING.....	64
4.2 Evaluation criteria of object proposals.....	68
4.3 Proposals extraction algorithm based on multi-cue fusion.....	69

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.